

УДК 633.16:631.527

***СТВОРЕННЯ ЛІНІЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО З ВИСОКИМ ВМІСТОМ  
АМІЛОПЕКТИНУ В КРОХМАЛІ***

---

О. Г. Наумов, М. Р. Козаченко, Н. І. Васько  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Показано ефективність створення ліній ячменю ярого з високим вмістом амілопектину в крохмалі та комплексом селекційно і господарсько цінних ознак методом гібридизації в системах діалельних схрещувань і топкросів. Виділено 40 ліній з крохмалем, який майже повністю складається із амілопектину. Одержано 313 ліній і 684 рослини з різним фракційним складом крохмалю для використання в селекції. Відібрано дев'ять ліній-носіїв гена *wx* з високими урожайністю зерна і стійкістю до вилягання.

*Ячмінь ярий, гібридизація, зразок, лінія, фракційний склад крохмалю, ознака, урожайність*

Зерно ячменю використовується як сировина для переробки в різних галузях промисловості, тому вимоги до його якості неоднакові, зокрема до фракційного складу білка і крохмалю. Для одержання крохмалю з необхідними властивостями для різних галузей промисловості, як правило, проводять складну хімічну модифікацію сировини [1].

Тому важливим є створення сортів з високим вмістом у крохмалі амілопектину або амілози [2].

В зерні ячменю вміст крохмалю досить високий (біля 60 %). До того ж ячмінь вирощують на значних площах з одержанням високих валових зборів зерна. Але всі сорти ячменю, занесені до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, мають звичайний фракційний склад крохмалю (25–29 % амілози і 70–73 % амілопектину) [3].

Для одержання сортів ячменю з різним фракційним складом крохмалю важливим для комбінаційної селекції є використання вихідного матеріалу з високим вмістом (98–99 %) амілопектину в крохмалі [4, 5].

Селекцію ячменю з крохмалем воскоподібного типу проводять в США, Канаді, Японії, Кореї, Австралії, Чехії та інших країнах [6]. В Україні селекцію ячменю в такому напрямі раніше практично не прово-

дили і сорти ячменю з крохмалем воскоподібного типу в Державному Реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, відсутні [3].

Тому нами розпочато дослідження ефективності створення нового селекційно цінного вихідного матеріалу ячменю ярого з такою якістю крохмалю шляхом використання в гібридизації за схемою діалельних схрещувань колекційних форм з геном *wx* та зразків і сортів звичайного типу крохмалю, які різняться за кількісними морфологічними та біологічними ознаками.

Проведено гібридизацію вихідних форм з комплексом різних біохімічних, різновиднісних і кількісних морфологічних ознак за схемами діалельних схрещувань і топкросів.

Як вихідний матеріал для схрещування використано колекційні зразки з геном *wx*, що зумовлює високий вміст амілопектину в крохмалі: UA 0804955 різновидності *violaceum* (дворядність, остистість колосу, голозерність, фіолетове забарвлення зерна), UA 039699 і UA 039701 різновидності *medicum* (дворядність колосу, плівчастість зерна, незазубленість остюків), UA 039748 різновидності *pallidum* (багаторядність, плівчастість, зазубленість остюків), IR 6912 різновидності *coeleste* (багаторядність, зазубленість остюків, голозерність), які мають неоднакові різновиднісні і кількісні ознаки і низьку продуктивність.

Компонентами для схрещування були також сорти і зразки зі звичайним вмістом амілопектину в крохмалі: зразки IR 6576 (*v. coeleste*, голозерність, багаторядність, зазубленість остюків) і IR 6586 (*v. nudideficiens*, голозерність, дворядність колосу, зазубленість остюків), мутант короткоостий 83 – 47 – 6 (*v. capillaceae* з волосоподібними короткими зазубленими остюком, дворядний, плівчастий), безоста лінія 65 – 393 (*v. inerme*), сорти Philadelphia і Джерело (*v. nutans*, плівчастість, дворядність колосу, зазубленість остюків) та Етикет (*v. submedicum*, остюки зазублені лише у верхній частині), Вакула (*v. rikotense*, плівчастість зерна, багаторядність, незазубленість остюків).

Діалельні схрещування 13 указаних форм проведено в 2006 – 2008 рр. У 2005 р. проведено схрещування за схемою топкросів трьох материнських форм з геном *wx* (UA 039699, UA 039701, UA 039748) із п'ятьма тестерами зі звичайним складом крохмалю (Джерело, Аспект, Етикет, IR 6576, лінія 01-74.99-5).

Як встановлено, всі 13 компонентів схрещування мають морфобіологічні і селекційно-генетичні особливості за певними морфологічними кількісними і якісними та біохімічними ознаками фракційного складу крохмалю.

Важливим є дослідження ефективності одержання цінних ліній на основі встановлення ефективності поєднання ознак якості крохмалю та структурних елементів продуктивності та інших ознак рослин в лінії

ях гібридних комбінацій від схрещування колекційних зразків і сортів з різним фракційним складом крохмалю та неоднаковим рівнем вираження кількісних морфологічних ознак.

Досліджували одержані лінії за вмістом амілопектину в крохмалі, урожайністю (т/га), стійкістю до вилягання (в балах), продуктивністю рослин та її структурними елементами, для чого аналізували по 50 рослин у двох повтореннях.  $НР_{0,5}$  визначали за дисперсійним аналізом по Б. А. Доспехову [7].

*Виділення ліній з високим вмістом амілопектину в крохмалі в популяціях гібридів, одержаних за схемами топкросів і діалельних схрещувань.*

Схрещування батьківських форм з різним фракційним складом крохмалю проводили чотири роки – 2005 – 2008 рр.

У популяціях гібридів топкросів, одержаних у 2005 р.,  $F_1$  вирощено в 2006 р.,  $F_2$  – в 2007 р.,  $F_3$  – в 2008 р. з добором рослин. Оцінку і добір ліній проведено в 2009 р. в селекційному розсаднику першого року, в 2010 р. в селекційному розсаднику другого року, в 2010–2011 рр. в контрольному розсаднику. В зв'язку з переважанням за більшістю ознак домінантних ефектів генів добір рослин проводили, як правило, не раніше третього покоління гібридів.

За аналізом наявності гена  $wx$  виділено лінії з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину. У 2011 р. у контрольному розсаднику таких ліній в досліді з топкросами виділено дев'ять, у селекційному розсаднику другого року – сім, всього 16 ліній.

У популяціях потомств гібридів, одержаних за схемою діалельних схрещувань у 2006 р., у 2007 р. вирощено  $F_1$ , у 2008 р. –  $F_2$ , у 2009 р.  $F_3$  з добором рослин, у 2010 р. – лінії в селекційному розсаднику першого року, в 2011 р. відібрані лінії в селекційному розсаднику другого року.

У двох дослідях у 2011 р. відібрано 16 ліній від топкросів і 24 лінії від діалельних схрещувань, всього 40 ліній з крохмалем, який майже повністю складається із амілопектину.

У популяціях гібридів, одержаних за схемою діалельних схрещувань у 2007 р., у 2008 р. вирощено  $F_1$ , у 2009 р. –  $F_2$ , у 2010 р. –  $F_3$  з добором рослин, у 2011 р. – лінії в селекційному розсаднику першого року. Для визначення наявності гена  $wx$  і використання в подальшій селекційній програмі відібрано 313 кращих ліній з різним фракційним складом крохмалю.

У досліді з діалельними схрещуваннями, проведеними в 2008 р., вирощено  $F_1$  у 2009 р.,  $F_2$  – у 2010 р.,  $F_3$  – у 2011 р. У 2011 р. у  $F_3$  відібрано 684 рослини з різним фракційним складом крохмалю для використання в селекційному процесі.

Створені 40 ліній з високим вмістом амілопектину в крохмалі передано для використання в селекційному процесі. Кращі 17 ваксі-ліній

мають важливі господарсько цінні ознаки і передані до Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ).

*Рівень кількісних морфологічних і господарсько цінних ознак ліній з високим вмістом амілопектину в крохмалі.*

Рівень показників кількісних ознак рослин у ліній з крохмалем амілопектинового типу досліджено у 2011 р. у селекційному та у 2010–2011 рр. у контрольному розсадниках.

В селекційному розсаднику другого року в 2011 р. досліджено і виділено 10 ліній, крохмаль яких майже повністю складається з амілопектину: 09–212 (UA 039701 / Етикет) *v. nutans*, 09–791a (UA 039699 / Етикет) *v. medicum*, 09–879 (UA 039748 / IR 6576) *v. pallidum*, 09–2023a (UA 039748 / Аспект) *v. nutans*, 09–526 (UA 039701 / IR 6576) *v. submedicum*, 10–1365 (UA 039699 / Джерело) *v. nutans*, 10–1376 (UA 039699 / UA 039701) *v. medicum*, 10–1385 (UA 039699 / UA 039701) *v. medicum*, 10–1533 (UA 039701 / IR 6912) *v. rikotense*, 10–976 (UA 0804955 / Етикет) *v. pallidum*.

Лінії одержано у гібридів від схрещування ваксі-зразків різновидностей *medicum* і *pallidum* та зразків зі звичайним вмістом амілопектину в крохмалі різновидностей *submedicum*, *coeleste*, *nutans*.

Внаслідок рекомбінації різновиднісних ознак одержано лінії різних різновидностей: *nutans*, *medicum*, *submedicum*, *rikotense*, *pallidum*.

Зокрема, створено ваксі-лінії, які відносяться до інших, ніж вихідні ваксі-форми, різновидностей – *nutans*, *submedicum*, *rikotense*, чим розширено різновиднісне різноманіття ліній з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину.

В селекційному розсаднику другого року виділено 10 ліній з високим вмістом амілопектину в крохмалі, що мали високі показники продуктивності рослин та її структурних елементів.

Так, окремі з цих ліній мали високу продуктивність рослин, достовірно вищу (09–212, 09–791a, 09–2023a, 09–526) або на рівні (09–879, 10–1365, 10–1376, 10–1385, 10–1533, 10–976) стандарту Командор.

У порівнянні зі стандартом окремі лінії мали достовірно вищі показники структурних елементів продуктивності.

У контрольному розсаднику 2010–2011 рр. досліджено і виділено сім кращих ліній з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину: 09–678 (UA 039699 / Аспект) *v. nutans*, 09–671 (UA 039699 / Аспект) *v. nutans*, 09–215 (UA 039701 / Етикет) *v. nutans*, 09–880 (UA 039748 / IR 6576) *v. pallidum*, 09–210 (UA 039701 / Етикет) *v. nutans*, 09–385 (UA 039701 / IR 6576) *v. medicum*, 09–794 (UA 039699 / Етикет) *v. medicum*. Три із досліджених ліній, а саме 09–678, 09–385, 09–794, мали достовірно вищі в порівнянні зі стандартом Командор показники продуктивності рослин (табл. 2).

Таблиця 1

Рівень господарсько цінних ознак ячменю ярого з високим вмістом амілопектину в крохмалі в селекційному розсаднику другого року, 2011 р.

№ лінії	Родовід		Різновид-ність	Вегетаційний період, діб	Урожайність		Стійкість до вилягання, бал
	♀	♂			г/м <sup>2</sup>	% до стандарту	
Командор стандарт	—	—	<i>nutans</i>	79	—	100	8
09-212	UA039701	Етикет	<i>nutans</i>	79	412	108*	9,0*
09-791a	UA039699	-//-	<i>medicum</i>	79	417	117*	9,0*
09-879	UA039748	IR6576	<i>pallidum</i>	77*	379	102	8,8
09-2023a	-//-	Аспект	<i>nutans</i>	79	397	112*	9,0*
09-526	UA039701	IR6576	<i>sub-medicum</i>	79	416	108*	9,0*
10-1365	UA039699	Джерело	<i>nutans</i>	79	389	100	8,7
10-1376	-//-	UA039701	<i>medicum</i>	81*	358	102	9,0*
10-1385	-//-	-//-	<i>medicum</i>	79	328	101	8,8
10-1533	UA039701	IR6912	<i>rikotense</i>	79	319	103	8,5
10-976	UA0804955	Етикет	<i>pallidum</i>	79	358	102	8,7
НІР <sub>0,5</sub>				1,9	-	5,0	0,5

Примітка. \* – різниця зі стандартом достовірна.

У трьох ліній (09–671, 09–215, 09–210) показники продуктивності рослин були на рівні показників середньої і стандарту, а у однієї (09–880) – нижчими.

Ряд ліній мали високі показники окремих елементів структури продуктивності рослин (див. табл. 2):

- за продуктивною кушистістю 09–671, 09–215, 09–210a;
- за кількістю зерен основного колосу 09–880, 09–794;
- за масою 1000 зерен 09–385, 09–794.

У окремих ліній були достовірно високі показники інших кількісних ознак рослин:

- за довжиною основного колосу 09–678, 09–215;
- за масою зерна основного колосу 09–678, 09–385, 09–794;
- за висотою рослин низькими були 09–678, 09–880.

Лінії з високим вмістом амілопектину в крохмалі досліджено в контрольному розсаднику також за господарсько цінними ознаками. Виділено кращі ваксі-лінії за рівнем урожайності, тривалості вегетаційного періоду та стійкості до вилягання (табл. 3).

Таблиця 2

Рівень показників продуктивності рослин та її структурних елементів  
ліній-носіїв гена *wx* ячменю ярого в контрольному розсаднику,  
2010–2011 рр.

№ лінії	Родовід		Різновидність	Маса зерна росли- ни, г	Продук- тивна кущи- стість, шт.	Кількість зерен основно- го коло- су, шт.	Маса 1000 зерен, г
	♀	♂					
Командор, стандарт	—	—	<i>nutans</i>	4,0	3,4	22,9	51,8
09-678	UA039699	Аспект	<i>nutans</i>	4,4*	3,0	21,8	50,3
09-671	-//-	-//-	<i>nutans</i>	4,0	3,8*	19,2*	52,7
09-215	UA039701	Етикет	<i>nutans</i>	4,0	4,2*	21,8	52,8
09-880	-//-	-//-	<i>pallidum</i>	2,3*	2,0*	34,6*	43,3*
09-210	UA039701	-//-	<i>nutans</i>	4,3	3,8*	20,2*	52,4
09-385	-//-	IR6576	<i>medicum</i>	4,5*	3,2	20,2*	54,5*
09-794	UA039699	Етикет	<i>medicum</i>	4,7*	3,4	25,4*	53,9*
Середнє				4,0	3,3	23,3	51,5
НІР <sub>0,5</sub>				0,31	0,4	1,81	1,8

Примітка. \* – різниця зі середньою і стандартом достовірна.

Достовірно вищою, ніж у стандарту, урожайність зерна була у ліній 09–678 (UA 039699 / Аспект) різновидності *nutans* (111 % до стандарту Командор), 09–385 (UA 039701 / IR 6576) різновидності *medicum* (110 % до стандарту), 09–794 (UA 039699 / Етикет) різновидності *medicum* (109 % до стандарту), а також 09–671 (UA 039699 / Аспект) різновидності *nutans* (105 % до стандарту), 09–210 (UA 039701 / Етикет) *nutans* (105 % до стандарту).

Урожайність на рівні стандарту була у лінії 09–215 (UA 039701 / Етикет) різновидності *nutans* (103 % до стандарту).

Низька урожайність була в лінії 09–880 (UA 039748 / IR 6576) різновидності *pallidum* (89 % до стандарту), а також у батьківських колекційних зразків з високим вмістом амілопектину в крохмалі (див. табл. 3).

Достовірно скоростиглішими за стандарт були лінії 09–671 (UA 039699 / Аспект) різновидності *nutans* (76 діб при 79 діб у стандарту), 09–880 (UA 039748 / IR 6576) різновидності *pallidum* (76 діб при 79 діб у стандарту). На рівні стандарту (79 діб) за тривалістю вегетаційного періоду були лінії 09–678 (UA 039699 / Аспект) різновидності *nutans* (79 діб), 09–215 (UA 039701 / Етикет) різновидності *nutans* (79 діб), а також лінії 09–385 (UA 039701 / IR 6576) різновидності *medicum* (78 діб), 09–794 (UA 039699 / Етикет) різновидності *medicum* (78 діб) і 09–210 (UA 039701 / Етикет) різновидності *nutans* (77 діб).

Таблиця 3

Рівень господарсько цінних ознак ліній ячменю ярого з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину, в контрольному розсаднику, 2010 - 2011 рр.

№ лінії	Родовід		Різновидність	Вегетаційний період, днів	Урожайність		Стійкість до вилягання, бал.
	♀	♂			т/га	% до стандарту	
Командор, стандарт	—	—	<i>nutans</i>	79	—	100	8,5
09-678	UA039699	Аспект	<i>nutans</i>	79	4,11	111*	9,0*
09-671	-//-	-//-	<i>nutans</i>	76*	4,00	105*	9,0*
09-215	UA039701	Етикет	<i>nutans</i>	79	4,11	103	8,7
09-880	-//-	-//-	<i>pallidum</i>	76*	3,39	89*	8,3
09-210	UA039701	-//-	<i>nutans</i>	77	4,62	105*	9,0*
09-385	-//-	IR6576	<i>medicum</i>	78	4,83	110*	9,0*
09-794	UA039699	Етикет	<i>medicum</i>	78	4,52	109*	9,0*
UA039699	—	—	<i>medicum</i>	76*	4,81	96*	8,2
UA039701	—	—	<i>medicum</i>	76*	4,77	94*	8,2
UA039748	—	—	<i>pallidum</i>	77	3,33	65*	7,8*
UA0804955	—	—	<i>violaceum</i>	70*	2,08	40*	8,0*
НІР <sub>0,5</sub>				2.5	-	3,3	0,4

Примітка. \* – різниця з стандартом достовірна.

За стійкістю до вилягання кращими за стандарт (8,5 бала) були лінії 09–671, 09–678, 09–210, 09–385 і 09–794 (9,0 балів).

Таким чином, виділені в контрольному розсаднику кращі за господарськими ознаками лінії з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину, мають високу урожайність і стійкість до вилягання, на рівні стандарту чи дещо меншу тривалість вегетаційного періоду і відносяться до різновидностей *nutans* і *medicum*.

Кращі 17 ваху-ліній у 2011 р. передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ). Ваксі-лінії використовуються на різних етапах селекційного процесу, зокрема в селекційному і контрольному розсадниках та сортовипробуванні.

Окремі ваксі-лінії використано в гібридизації в 2010 – 2011 рр., одержано гібридне насіння першого покоління в 2010 -2011 рр. і F<sub>1</sub> у 2011 р.

**Висновки:** 1. Внаслідок використання в селекції методом гібридизації форм ячменю ярого з різним вмістом амілопектину в крохмалі показано ефективність створення ліній з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину.

2. Створено в різні роки і відібрано в 2011 р. 40 ліній з високим вмістом амілопектину в крохмалі (16 у гібридних популяціях, одержаних у 2005 р. за схемою топкросів, 24 – у 2006 р. за схемою діалельних схрещувань).

4. Відібрано в 2011 р. 313 ліній і 684 рослини з різним фракційним складом крохмалю для використання в селекції.

5. Виділено в 2011 р. 17 кращих ваксі-ліній (10 у селекційному, сім у контрольному розсадниках), які представляють інтерес для селекції за господарсько цінними ознаками.

6. У селекційному розсаднику виділено 10 кращих ваксі-ліній, чотири з яких (09–212, 09–791a, 09–2023a, 09–526 різновидностей *nutans*, *medicum* і *submedicum*) мали достовірно вищі продуктивність рослин, урожайність зерна (108, 117, 112 і 108 % до стандарту відповідно), стійкість до вилягання (9 балів), а шість – на рівні середньої і стандарту Командор (09–879, 10–1365, 10–1376, 10–1385, 10–1533, 10–976 різновидностей *nutans*, *medicum*, *pallidum*, *rikotense*), а також мали достовірно вищі показники окремих елементів структури продуктивності та інших ознак.

7. У контрольному розсаднику виділено сім кращих за окремими ознаками ваксі-ліній, п'ять з яких (09–678, 09–385, 09–794, 09–671, 09–210 різновидностей *nutans* і *medicum*) були достовірно кращими від стандарту за продуктивністю рослин, урожайністю зерна (111, 110, 109, 105 і 105 % відповідно) і стійкістю до вилягання (9 балів). До того ж, ці лінії мали високі показники окремих елементів структури продуктивності та інших ознак.

8. Лінії з крохмалем, який майже повністю складається з амілопектину, залучено до селекційного процесу на всіх етапах.

### Список використаних джерел

1. *Modified Starches: Properties and Uses* / Wurzburg O. B. Ed. – Boca Raton, Fl. : CRC Press Inc., 1986. – 429 p.
2. *White P. Properties of corn starch* / P. White // *Speciality Corns*; A. R. Hallauer Ed. – Boca Raton, Fl.: CRC Press Inc., 1994. – P. 29 – 54.
3. *Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні* (витяг станом на 10.01.2012). – К., 2012. – С.19 –24.
4. *Hylton C. M. The effect of waxy mutations of the granule-bound starch synthases of barley and maize endosperms* / C. M. Hylton, H. Denyer, P. L. Keeling, M.-T. Chang, A. M. Smith // *Planta*. – 1996. – Vol. 198. – P. 230 – 237.
5. *Sun C. Identification of four starchbranching enzymes in barley endosperm: partial purification of forms I, II a and II b* / C. Sun, P. Sathish, S. Ahlandsberg, C. Jansson // *New-Phytol*. – 1997. – Vol. 137. – P. 215 – 222.



- 6 *Vaculova K.* Breeding of waxy barleys using molecular markers / K. Vaculova, J. Ehrenbergerova and M. Pouch // Czech Republic: Agriculture Research Institute Kromeriz, 2000. – 4 p.
7. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. пятое, дополненное и переработанное / Б. А. Доспехов // – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Показана эффективность создания линий ячменя ярового с высоким содержанием амилопектина в крахмале и комплексом селекционно и хозяйственно ценных признаков методом гибридизации в системах диаллельных скрещиваний и топкроссов. Выделены 40 линий с крахмалом, состоящим почти полностью из амилопектина. Получены 313 линий и 684 растения с разным фракционным составом крахмала для использования в селекции. Выделены девять линий-носителей гена *wx* с высокой урожайностью зерна и устойчивостью к полеганию.

The efficiency of the creation of spring barley lines possessing a high content of amylopectin in starch and the complex of selected and economic traits in consequence of the combinations in the systems of diallelis crosses and topcrosses have been shown. As a result in 2011 y. 40 lines were selected with the starch consisting of 100 % of amylopectin, as well as, 313 lines and 684 plants possessing different fractional composition of starch for the purpose of breeding . Nine waxy lines with a high grain yield and lodging resistance were selected.